

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Кафедра _____ Електричної інженерії _____

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор

Л.Л.Бачурін

«_____» _____ 2019 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Стійкість електроенергетичних систем

спеціальності _____141 _____Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

факультету _____КІТАЕР _____

Покровськ – 2019

Робоча програма навчальної дисципліни Стійкість електроенергетичних систем
для студентів освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

« 18 » грудня 2019 року. – 9 с.

Розробники: Тютюнник Н.Л., ст. викладач каф. електричної інженерії

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри електричної інженерії
Протокол № 8 від " 18 " грудня 2019 р.

Завідувач кафедрою електричної інженерії (Колларов О.Ю.)

" 18 " грудня 2019 р

Схвалено науково-методичною комісією галузі знань 14 Електрична інженерія
Протокол № 2 від " 25 " грудня 2019 р.

Голова науково-методичної комісії (Сивокобиленко В.Ф.)

" 25 " грудня 2019 р.

1.Опис навчальної дисципліни
«Стійкість електроенергетичних систем»

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 7	Галузь знань: 14 Електрична інженерія	Дисципліна вільного вибору студентів	
Модулів - -	Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Рік підготовки:	
Змістових модулів - 2		перший	перший
Індивідуальне науково-дослідне завдання – 1		Семестр	
Загальна кількість годин – 210		2 – й	2 – й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 8,13	Освітній ступінь: магістр	Лекції	
		32 год.	6 год.
		Практичні, семінарські	
		48 год.	10 год.
		Лабораторні	
		-	-
		Самостійна робота	
		130 год.	194 год.
		ІНДЗ:	
		РР	РР
		Вид контролю:	
		Іспит	Іспит

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 0,62

для заочної форми навчання – 0,083

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни є формування знань в галузі теорії електромеханічних перехідних процесів в електроенергетичній системі в цілому, чіткого розуміння фізики явищ, що вивчаються, уміння розраховувати електромеханічні перехідні процеси, які виникають при великих збуреннях та при інших порушеннях нормального режиму роботи електричних систем.

Завдання дисципліни - сформувати теоретичні знання та практичні навички з розрахунку електромеханічних перехідних процесів в електричних системах і системах електропостачання у майбутніх фахівців з електроенергетики.

В результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати:

- причини виникнення електромеханічних перехідних процесів і їх фізичну природу;
- вплив електромеханічних перехідних процесів на роботу електричної системи та окремих її споживачів;
- методи та алгоритми розрахунку електромеханічних перехідних процесів в електричних системах та системах електропостачання;

вміти:

- формувати математичні моделі елементів електричних систем та будувати на їх основі відповідні заступні схеми;
- визначати параметри елементів схеми і вибирати методи розрахунку, адекватні поставленій задачі;
- розраховувати електромеханічні перехідні процеси з використанням ЕОМ;
- розраховувати запаси статичної стійкості систем при урахуванні різних факторів;
- розраховувати динамічну стійкість при великих збуреннях, пов'язаних з різними видами коротких замикань;
- аналізувати отримані результати та давати їм відповідну фізичну інтерпретацію;
- будувати векторні діаграми;
- запропоновувати заходи щодо запобігання шкідливих наслідків електромеханічних перехідних процесів, заходів щодо поліпшення якості перехідних процесів та підвищення запасів статичної і динамічної стійкості.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Статична стійкість електричної системи. Процеси при малих коливаннях і оцінка статичної стійкості.

Тема 1. Мета курсу і предмет вивчення. Основні задачі курсу та його зв'язок з іншими дисциплінами. Основні поняття та визначення. Класифікація електромеханічних перехідних процесів. Основні положення, які приймаються при аналізі. Задачі дослідження електромеханічних перехідних процесів та їх особливості. Припущення, які приймаються під час аналізу електромеханічних перехідних процесів. Вимоги до ustalених і перехідних режимів. Якість перехідного процесу.

Тема 2. Основні характеристики синхронних машин в найпростішій електричній системі. Поняття найпростішої, простої та складної електричної системи. Векторні діаграми та співвідношення між параметрами в найпростішій електричній системі. Кутові характеристики потужності найпростішої електричної системи. Вплив асиметрії ротора та АРЗ на кутові характеристики. Ідеальна межа потужності та запас статичної стійкості.

Тема 3. Кутові характеристики потужності системи, яка складається з будь-якої кількості лінійних елементів. Принцип накладання режимів. Власні та взаємні опори, провідності, струми. Залежності активної та реактивної потужностей від кута зсуву ротора в складній електричній системі. Вплив і урахування навантаження. Дійсна межа потужності при урахуванні навантаження статичними характеристиками і постійним опором.

Тема 4. Рівняння руху в електромеханічних перехідних процесах. Система відносних одиниць. Вирази для часу, кута, швидкості, прискорення, потужності, обертаючого моменту, кінетичної енергії. Форми запису рівняння руху в системі відносних одиниць.

Тема 5. Практичні критерії статичної стійкості електричної системи. Енергетична трактовка практичних критеріїв. Прямий практичний критерій статичної стійкості електричної системи. Непрямі (вторинні) практичні критерії статичної стійкості. Застосування практичних критеріїв статичної стійкості. Узагальнення отриманих практичних критеріїв статичної стійкості електричної системи.

Тема 6. Застосування для дослідження статичної стійкості електричних систем метода малих коливань. Сутність методу малих коливань, що заснована на першій і другій теоремах А.М. Ляпунова. Загальна задача дослідження статичної стійкості, її математичне формулювання і методи рішення. Вплив розташування коренів характеристичного рівняння на комплексній площині на характер перехідного процесу. Необхідні і достатні умови статичної стійкості. Алгебраїчні і частотні критерії статичної стійкості.

Тема 7. Дослідження статичної стійкості найпростішої нерегульованої електричної системи методом малих відхилень. Рівняння малих коливань без і з урахуванням демпфування і електромагнітних перехідних процесів в роторі. Дослідження статичної стійкості нерегульованої простішої системи без та з урахуванням електромагнітних перехідних процесів в обмотці збудження. Три види порушення статичної стійкості (сповзання самозбудження, саморозгойдування), умови їх виникнення.

Тема 8. Дослідження статичної стійкості найпростішої регульованої електричної системи методом малих відхилень. Структурні схеми АРЗ пропорційного типу та сильної дії. Рівняння малих коливань простішої системи з генераторами, які мають АРЗ пропорційного типу. Статична стійкість простішої системи при регулюванні збудження її генераторів регулятором пропорційної дії. Статична стійкість простішої системи при регулюванні збудження її генераторів регулятором сильної дії. Спрощені співвідношення для визначення статичної стійкості, які витікають з методу малих коливань.

Тема 9. Аналіз статичної стійкості складної нерегульованої позиційної консервативної електричної системи. Статична стійкість електричної системи, яка складається з двох електростанцій, що працюють на загальне навантаження. Основи аналізу статичної стійкості складних систем.

Тема 10. Перехідні процеси в системах електропостачання (вузлах навантаження) електричних систем при малих зміненнях режиму. Загальна характеристика проблеми. Статичні і динамічні характеристики асинхронних та синхронних двигунів. Лавина напруги

(статична стійкість навантаження, опрокидування двигунів). Основні розрахункові співвідношення. Практичні критерії статичної стійкості навантаження. Перехідні процеси при зміні напруги і частоти в системах електропостачання.

Змістовий модуль 2. Динамічна стійкість електричної системи. Основні методи її оцінки.

Тема 11. Практичний критерій динамічної стійкості електричної системи. Поняття динамічної стійкості. Основні припущення, які приймаються під час аналізу динамічної стійкості. Коливання генераторів та енергетичні співвідношення при коливаннях, які виникають при великих збуреннях режиму. Поняття критеріїв динамічної стійкості. Спосіб площин і критерій стійкості, який з нього витікає. Застосування способу площин до оцінки межового кута відключення короткого замикання в умовах простішої системи. Різноманітні застосування метода площин для урахування дії АРЗ і впливу демпфування. Застосування способу площин при дослідженні динамічної стійкості двох станцій.

Тема 12. Кількісна оцінка відносного руху ротора в часі при великих збуреннях. Способи рішення диференціальних рівнянь відносного руху ротора. Аналітичне розв'язання рівняння у випадку повного скиду потужності. Чисельні методи розв'язання рівняння руху. Метод послідовних інтервалів. Алгоритми розрахунку електромеханічних перехідних процесів без та з урахуванням змінення перехідної ЕРС та перехідних процесів в роторі. Вплив демпфування та дії автоматичного регулювання швидкості при повному скиді потужності. Коливання ротора під впливом гармонійної зовнішньої сили.

Тема 13. Перехідні процеси у вузлах навантаження при великих збуреннях режиму. Пуск двигунів. Способи пуску електродвигунів. Порівняння різних способів пуску. Рівняння руху під час пуску та його інтегрування. Самозбудження АД при застосуванні послідовної ємнісної компенсації під час пуску. Самозапуск електродвигунів. Загальні відомості про самозапуск двигунів. Методи розрахунку самозапуска. Шляхи забезпечення самозапуска. Раптові змінення режиму в системах електропостачання. Накид навантаження на асинхронні та синхронні двигуни. Скид напруги. Вплив різкозмінного навантаження на роботу системи електропостачання.

Тема 14. Асинхронний хід в електричних системах. Причини виникнення асинхронного режиму. Процеси при випадінні генератора з синхронізму і переході до усталеного асинхронного режиму. Фізичні процеси під час усталеного асинхронного режиму. Загальна характеристика поведінки генератора в асинхронному режимі. Визначення асинхронного моменту і потужності. Припустимість асинхронних режимів. Задачі, що виникають під час дослідження асинхронних режимів в електричних системах.

Тема 15. Ресинхронізація генераторів і результуюча стійкість. Поняття про ресинхронізацію. Критерій ресинхронізації.

Тема 16. Заходи щодо поліпшення стійкості і якості перехідних процесів в електричних системах. Класифікація заходів. Основні і додаткові заходи щодо поліпшення стійкості. Заходи режимного характеру. Опори в нейтралі трансформаторів. Установки для електричного гальмування. Перемикальні пункти. Установки поздовжньої компенсації. Застосування синхронних компенсаторів на проміжних підстанціях. Управління навантаження. Автоматичне розвантаження.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Статична стійкість електричної системи. Процеси при малих коливаннях і оцінка статичної стійкості.												
Тема 1. Мета курсу і предмет вивчення.	6	2				4	4					4
Тема 2. Основні характеристики синхронних машин в найпростішій електричній системі.	14	2	2		5	5	15				5	10
Тема 3. Кутові характеристики потужності системи, яка складається з будь-якої кількості лінійних елементів.	24	2	4		5	13	30	2	2		5	21
Тема 4. Рівняння руху в електромеханічних перехідних процесах.	14	2	2			10	13					13
Тема 5. Практичні критерії статичної стійкості електричної системи.	28	2	6		5	15	34	2	2		5	25
Тема 6. Застосування для дослідження статичної стійкості електричних систем метода малих коливань.	11	2	4			5	10		2			8
Тема 7. Дослідження статичної стійкості найпростішої нерегульованої електричної системи методом малих відхилень.	11	2	4			5	8					8
Тема 8. Дослідження статичної стійкості найпростішої регульованої електричної системи методом малих відхилень.	9	2	2			5	8					8
Тема 9. Аналіз статичної стійкості складної нерегульованої позиційної консервативної електричної системи.	9	2	2			5	8					8
Тема 10. Перехідні процеси в системах електропостачання (вузлах навантаження) електричних систем при малих зміненнях режиму.	9	2	2			5	8					8
Разом – змістовий модуль 1	135	20	28		15	72	138	4	6		15	113

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 2. Динамічна стійкість електричної системи. Основні методи її оцінки.												
Тема 11. Практичний критерій динамічної стійкості електричної системи.	16	2	6			8	20	2	2			16
Тема 12. Кількісна оцінка відносного руху ротора в часі при великих збуреннях.	13	2	4			7	10					10
Тема 13. Перехідні процеси у вузлах навантаження при великих збуреннях режиму.	13	2	4			7	12		2			10
Тема 14. Асинхронний хід в електричних системах.	11	2	2			7	10					10
Тема 15. Ресинхронізація генераторів і результуюча стійкість.	11	2	2			7	10					10
Тема 16. Заходи щодо поліпшення стійкості і якості перехідних процесів в електричних системах.	11	2	2			7	10					10
Разом – змістовий модуль 2	75	12	20			43	72	2	4			66
Усього годин	210	32	48		15	115	210	6	10		15	179

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
1	Тема 2. Основні характеристики синхронних машин в найпростішій електричній системі.	2	
2	Тема 3. Кутові характеристики потужності системи, яка складається з будь-якої кількості лінійних елементів.	4	2
3	Тема 4. Рівняння руху в електромеханічних перехідних процесах.	2	
4	Тема 5. Практичні критерії статичної стійкості електричної системи.	6	2

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
5	Тема 6. Застосування для дослідження статичної стійкості електричних систем метода малих коливань.	4	2
6	Тема 7. Дослідження статичної стійкості найпростішої нерегульованої електричної системи методом малих відхилень.	4	
7	Тема 8. Дослідження статичної стійкості найпростішої регульованої електричної системи методом малих відхилень.	2	
8	Тема 9. Аналіз статичної стійкості складної нерегульованої позиційної консервативної електричної системи.	2	
9	Тема 10. Перехідні процеси в системах електропостачання (вузлах навантаження) електричних систем при малих зміненнях режиму.	2	
10	Тема 11. Практичний критерій динамічної стійкості електричної системи.	6	2
11	Тема 12. Кількісна оцінка відносного руху ротора в часі при великих збуреннях.	4	
12	Тема 13. Перехідні процеси у вузлах навантаження при великих збуреннях режиму.	4	2
13	Тема 14. Асинхронний хід в електричних системах.	2	
14	Тема 15. Ресинхронізація генераторів і результуюча стійкість.	2	
15	Тема 16. Заходи щодо поліпшення стійкості і якості перехідних процесів в електричних системах.	2	
	Усього годин	48	10

6. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені.

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
1	Тема 1. Мета курсу і предмет вивчення.	4	4
2	Тема 2. Основні характеристики синхронних машин в найпростішій електричній системі.	5	10
3	Тема 3. Кутові характеристики потужності системи, яка складається з будь-якої кількості лінійних елементів.	13	21

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
4	Тема 4. Рівняння руху в електромеханічних перехідних процесах.	10	13
5	Тема 5. Практичні критерії статичної стійкості електричної системи.	15	25
6	Тема 6. Застосування для дослідження статичної стійкості електричних систем метода малих коливань.	5	8
7	Тема 7. Дослідження статичної стійкості найпростішої нерегульованої електричної системи методом малих відхилень.	5	8
8	Тема 8. Дослідження статичної стійкості найпростішої регульованої електричної системи методом малих відхилень.	5	8
9	Тема 9. Аналіз статичної стійкості складної нерегульованої позиційної консервативної електричної системи.	5	8
10	Тема 10. Перехідні процеси в системах електропостачання (вузлах навантаження) електричних систем при малих зміненнях режиму.	5	8
11	Тема 11. Практичний критерій динамічної стійкості електричної системи.	8	16
12	Тема 12. Кількісна оцінка відносного руху ротора в часі при великих збуреннях.	7	10
13	Тема 13. Перехідні процеси у вузлах навантаження при великих збуреннях режиму.	7	10
14	Тема 14. Асинхронний хід в електричних системах.	7	10
15	Тема 15. Ресинхронізація генераторів і результуюча стійкість.	7	10
16	Тема 16. Заходи щодо поліпшення стійкості і якості перехідних процесів в електричних системах.	7	10
17	Виконання індивідуального розрахункового завдання	15	15
Усього годин		130	194

8. Індивідуальне навчально-дослідне завдання

Індивідуальне завдання для денної і заочної форм навчання передбачає виконання розрахункової роботи (РР) за темою «Розрахунок кутових характеристик електроенергетичної системи і аналіз її статичної стійкості при різних конструкціях генератора».

9. Методи контролю

Поточне усне опитування, оцінка виконання завдань на практичних заняттях, оцінка виконання та захисту розрахункової роботи, семестрові письмові іспити.

10.Оцінювання знань студентів

Розподіл балів для денної форми навчання, які можуть отримати студенти під час поточного контролю:

Поточний контроль												РР	Максимальний бал за результатами поточного контролю
П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	П11	П12	16	40
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
П13	П14	П15	П16	П17	П18	П19	П20	П21	П22	П23	П24		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

Розподіл балів для заочної форми навчання, які студенти можуть отримати під час поточного контролю:

Поточний контроль						Максимальний бал за результатами поточного контролю
П1	П2	П3	П4	П5	РР	
4	4	4	4	4	20	
						40

Максимальна кількість балів, що може отримати студент за виконання письмової роботи, під час семестрового екзамену – 60 балів.

Підсумкова семестрова оцінка з дисципліни виставляється на підставі сумарної кількості балів, які набрав студент під час поточного контролю та оцінювання письмової відповіді на екзамені.

Результати підсумкового контролю:

Оцінка	
за 100-бальною шкалою	екзамен
	за чотирибальною шкалою
90-100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

11. Методичне забезпечення

Методичне забезпечення навчальної дисципліни «Стійкість електроенергетичних систем» відповідає ліцензійним і акредитаційним вимогам, а саме – науково-технічна бібліотека університету і методичне забезпечення кафедри «Електрична інженерія» має:

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Курс лекцій.
3. Методичні вказівки (рекомендації) для практичних занять.
4. Методичні вказівки (рекомендації) для самостійного вивчення дисципліни.
5. Перелік питань до підсумкового контролю знань студентів.
6. Екзаменаційні білети з дисципліни

12. Рекомендована література

Базова

1. Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник для ВНЗ / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папаїка, Л.І. Несен, за ред. Г.Г. Півняка ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 5-те вид., доопрац. та допов. – Дніпро : НГУ, 2016. – 600 с.

Допоміжна

1. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. – М.: ВШ, 1985. – 536 с.

2. Переходные процессы в системах электроснабжения: Учебник / В.Н. Винославский и др.: – К.: Вища шк., Головное изд-во, 1989. – 422 с.

3. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем / Под ред. Л.А. Жукова. – М.: Энергия. – 1979. 456 с.

13. Інформаційні ресурси

1. <http://study.donntu.edu.ua>